 DOI: https://doi.org/10.12349/edc.v8i7.11030

Practical Analysis on the Determination of Geotechnical Engineering Investigation Parameters under the Influence of Groundwater

Minghang Chen

Fujian Geotechnical Engineering Investigation Institute Co., Ltd., Fuzhou, Fujian, 350000, China

Abstract

For the foundation pit sites where the groundwater level fluctuates periodically driven by rivers and rainfall, taking a certain new area's silt clay with silt sand lenses and the underlying medium sand layer as the object, the influence mechanism of groundwater through changes in moisture state and effective stress reconstruction on the representativeness of investigation parameters was analyzed, and a parameter determination process optimization and correction model centered on groundwater boundary conditions was proposed. The water level was introduced into the sampling and in-situ testing time windows in stages, strengthening the consistency control of drilling mud parameters, well-stopping time, sample transportation time and indoor reverse saturated path. At the same time, the alignment of in-situ process with the water level curve was used as the original test process verification. Based on the reference set of the platform section, the parameter correction expression was constructed, and the combined effect of pore water pressure increment and moisture content, void ratio changes was incorporated into a unified framework, providing a basis for the parameter values and traceable corrections of the sites with significant water level dynamics.

Keywords

groundwater level fluctuation; pore water pressure path; investigation parameter determination; in-situ testing; parameter correction model

地下水影响下岩土工程勘察参数测定实践分析

陈明航

福建岩土工程勘察研究院有限公司，中国 · 福建 福州 350000

摘　要

针对地下水位受河道与降雨驱动呈周期性波动的基坑场地，以某新区粉质黏土夹粉砂透镜体与下伏中砂层为对象，梳理地下水通过水分状态变化与有效应力重构对勘察参数代表性的影响机制，并提出以地下水边界条件为核心的参数测定流程优化与修正模型。研究将水位分期引入取样与原位测试时间窗口，强化钻进泥浆参数、停孔时间、封样转运时效与室内反压饱和路径的一致性控制，同时以孔压静力触探与水位曲线对齐作为原位过程校核。基于平台段参考集构建参数修正表达式，将孔隙水压力增量与含水率、孔隙比变化的联合效应纳入统一框架，为水位动态显著场地的参数取值与可追溯修正提供依据。

关键词

地下水位波动；孔隙水压力路径；勘察参数测定

1 引言

地下水作为岩土体应力状态与结构演化的重要边界条件，在基坑与城市地下工程场景中常呈现受降雨与邻近河道共同驱动的动态波动特征 [1]。与静态水位假定不同，水位抬升与回落会改变土体含水率、基质吸力与有效应力分配，并通过渗流通道诱发细颗粒迁移与局部结构性减弱，使同一分层内参数出现显著的时空非均质。若勘察过程中仍沿用以单次取样与单点测试为主的常规流程，钻孔抽水、泥浆护壁、取样卸荷及转运蒸发等因素将与瞬态孔压叠加，造成天然含水率、孔隙比、压缩性与强度指标的系统性偏移，进而影响分层判定与设计参数选取的稳定性。

2 地下水对岩土工程勘察参数的影响机制

地下水对岩土工程勘察参数的影响往往从土体水分状态改变开始扩展到有效应力体系重构，其中含水率反映孔隙中水的占据程度，孔隙比表征骨架疏密与可压缩空间大小，两者在地下水补给与排泄交替的渗流场中会出现时空差异，进而把室内取样与原位状态之间的偏离放大。以某新区某基

【作者简介】陈明航（1983–），男，本科，中国福建莆田人，工程师，从事岩土工程勘察、桩基施工、工程监测研究。

坑工程初始勘察资料为背景，该场地上部为粉质黏土夹粉砂透镜体，下伏为中砂层，地下水位受邻近河道与降雨过程驱动存在周期性抬升与回落，渗流沿砂层优势通道迁移时会把细颗粒带入孔隙并引起局部结构性减弱，使同一分层内出现含水率升高而孔隙比降低的非同步变化，这类变化若未被识别，易使压缩模量在固结试验中呈现偏低的表观值。

3 地下水作用下岩土工程勘察参数的测定技术实践

3.1 基于地下水条件的勘察参数测定方法优化

鉴于某新区基坑场地地下水位受河道与降雨驱动呈现周期性波动，传统勘察参数测定若仍把地下水当作静态背景，容易把取样卸荷、钻孔抽水以及泥浆护壁引入的孔压路径变化叠加到天然状态之上，从而放大含水率、孔隙比以及强度指标的离散性。

结合粉质黏土夹粉砂透镜体与下伏中砂层的渗流分工特征，样品采集环节把原位孔隙水压力维持作为主线来开展控制，钻进过程中把泥浆密度与黏度调整到可抑制砂层涌水且不诱发黏土层过度滤失的区间，并在达到目标层位后缩短停孔时间以降低孔压重分布造成的结构松弛；对薄壁取样则把封样与转运时效约束到与水位分期相匹配，避免在回落段出现基质吸力恢复与负孔压消散滞后并存时把样品状态推离原位 [3]。室内试验阶段把天然含水率测定与密度测试并联组织，以同一批次快速完成称量与封存，减少蒸发与渗漏引起的含水率漂移，同时在固结与三轴试验的饱和环节把反压路径与现场水头差对应起来，使 B 值检查成为判别样品是否保留原位渗流效应的门槛条件；对于原位测试，静力触探与孔压静力触探的布置把砂层优势通道作为重点段落进行加密，并把测试时刻锁定在水位平台段，以降低瞬态渗流梯度对锥阻与孔压响应的干扰。由此推导，参数解释不再单纯依赖单次试验结果，而是把同层位在不同水位分期下的指标差异回溯到孔压路径与渗流环境，从机制层面削弱地下水扰动对勘察参数代表性的系统性偏移，进而为后续修正模型提供可追溯的输入条件。

3.2 地下水影响下岩土参数的修正模型构建

围绕某新区粉质黏土夹粉砂透镜体与下伏中砂层的水位周期性波动情境，修正模型的构建把地下水从背景变量转化为参数解释的显式控制量，使室内外测定值能够在统一孔压路径框架下进行可比性换算。鉴于水位抬升会把基质吸力降低并触发有效应力重分配，而回落阶段又可能伴随负孔压消散滞后，原始指标中往往混入取样卸荷、钻孔抽水以及泥浆护壁导致的附加孔压扰动，因此模型在数据组织上选取水位平台段的孔压静力触探以及同步取样试验作为基准集，将其视为更接近稳态渗流边界下的参考状态，并把抬升段与回落段的同层位数据映射为偏离量。进一步观察发现，渗流沿砂层优势通道迁移时会诱发细颗粒迁移与局部结构性减弱，使含水率与孔隙比的耦合关系偏离常规压缩线性假设，因此修正系数引入含水率变化与孔隙比变化的联合项，用以表征水分占据与骨架重排的叠加效应，同时以孔隙水压力增量来刻画瞬态渗流梯度对有效应力的贡献，从而把强度与变形参数的修正统一到同一表达式中。

$$X_{\mathrm{corr}}=X_{\mathrm{raw}}\times\left[1+a\frac{\Delta u}{\sigma'_0}+b\frac{\Delta w}{w_0}+c\frac{\Delta e}{e_0}\right]$$

其中，X_{corr} 表示地下水影响修正后的岩土参数（单位随参数类型确定），X_{raw} 为原始测定参数值（单位随参数类型确定），Δu 为相对基准水位分期的孔隙水压力增量（单位：kPa），σ'_0 为基准状态下的初始有效应力（单位：kPa），Δw 为天然含水率相对基准状态的变化量（单位：%），w_0 为基准天然含水率（单位：%），Δe 为孔隙比相对基准状态的变化量（无量纲），e_0 为基准孔隙比（无量纲），a、b、c 为依据该场地分层数据回归得到的修正权重系数（无量纲），用于把孔压路径、水分状态以及结构疏密变化对参数偏移的贡献进行量化表征。

3.3 现场测试技术在地下水环境中的应用

在某新区粉质黏土夹粉砂透镜体与下伏中砂层并存的场地条件下，现场测试更容易受到水位周期性波动与砂层优势渗流通道的共同影响，因此把测试技术放在地下水边界条件下进行适配性选用，有助于削弱瞬态孔压对参数解释的干扰。静力触探在该类场地通常被当作分层连续识别的主手段，锥阻与侧摩阻对砂层骨架密实度较敏感，但水位处于抬升段时孔隙水压力会随渗流梯度叠加而抬高，使锥尖附近的有效应力路径偏离常态，进而把同层位曲线形态拉伸为非地层因素主导的异常段。由此推导，孔压静力触探在此情境下更适宜承担孔压路径判别任务，将测得孔压响应与同步水位曲线进行对齐，把平台段数据作为相对稳态参考，再将抬升段与回落段的偏移量回溯至渗流方向与通道位置，从而为锥阻解释提供可追溯的修正依据。

结合该基坑工程的布置实践，触探点位在中砂层优势通道附近进行加密，同时把旁压试验放置于粉质黏土主导区段以减少渗流集中效应，并在数据处理上把同一层位的触探剖面、孔压响应以及旁压扩张曲线进行交叉核对，使地下水环境下的原位测试能够在分层解释、异常识别以及指标取值上形成相互约束的闭合链条 [3]。

4 地下水影响下岩土勘察参数测定的实践效果评估

4.1 某工程案例的参数测定结果对比分析

围绕某新区某基坑工程粉质黏土夹粉砂透镜体与下伏中砂层的组合地层，本节把地下水位周期性波动情境下的参数测定差异纳入同一对比框架，以便把传统测定流程与地下水边界控制下的优化流程在取样状态、原位孔压路径以及指标离散性上的差别进行具象化呈现。鉴于该场地地下水受邻

近河道水位以及降雨补给共同驱动，抬升段与回落段的孔压路径并不对称，传统流程在钻孔抽水以及泥浆护壁条件下更容易把孔隙水压力重分布引入样品卸荷过程，从而把天然含水率与骨架疏密状态之间的同步关系打散，导致同层位指标在室内试验解释中呈现更强的分散趋势。进一步观察发现，优化流程将取样与原位测试时刻更集中地锚定在水位平台段，并把封样转运时效与原位孔压维持作为约束条件，使样品在进入固结与剪切试验之前更接近现场有效应力背景，因此在含水率与强度指标上表现出可解释的系统性差异。

从表 1 所列结果来看，传统法得到的天然含水率为 15%，而优化法对应值为 18%，该差异更贴近砂层优势渗流通道对细颗粒迁移与局部含水状态富集的影响逻辑，也使同层位孔隙水占据程度在解释上不再被样品蒸发与卸荷扰动所掩盖。与此对应，抗剪强度由传统法的 25 kPa 调整为优化法的 22 kPa，变化方向与水位抬升引起基质吸力降低以及颗粒间咬合弱化的机制更为契合，从而避免把短时负孔压滞后或孔压消散路径误判为材料强度储备。由此推导，在该类水位动态显著的基坑场地，参数对比不宜仅被视为数值高低差别，而更应被理解为孔压路径控制是否被纳入测定链条的外在表征，这也为后续分层参数取值的稳态参考集选取提供了更清晰的判据。

表 1 某工程地下水影响下岩土参数测定结果对比表

参数类别	传统方法测定值	优化测定方法测定值	对比说明
天然含水率 w	15%	18%	优化流程把取样窗口与水位平台段对齐，弱化卸荷与蒸发造成的含水率漂移，使测值更贴近渗流补给背景
抗剪强度 τ	25 kPa	22 kPa	优化流程把孔压路径扰动纳入控制，降低把基质吸力削弱效应遗漏所引起的强度表观偏高风险

4.2 测定方法的可行性与可靠性验证

围绕某新区基坑场地粉质黏土夹粉砂透镜体与下伏中砂层的组合地层，本节把可行性界定为测定链条在水位平台段窗口内可稳定执行，并把可靠性落实到参数偏差可控与数据重复性可追溯这 2 类工程可用条件上，以避免地下水位周期波动把取样卸荷与瞬态孔压路径差异转化为不可解释的参数离散。鉴于前述优化流程把水位分期、封样转运时效以及反压饱和门槛共同纳入约束，可行性评价更强调现场组织与室内衔接的可操作性，即在同一降雨过程的水位平台段内完成孔压静力触探与同步取样，并把钻进泥浆密度与黏度控制在抑制砂层涌水且不过度滤失黏土层的区间，从而使取样扰动强度与孔压重分布幅度维持在可接受范围内 [4]。

在具体执行层面，数据组织把天然含水率、孔隙比以及抗剪强度作为跨室内外链条的共同载体，并把同层位至少 3 组平行样的测试结果纳入统计，以降低偶发性结构弱化或局部渗流通道扰动对评价结论的干扰；同时把孔压静力触探的孔压响应作为过程一致性校核量，使重复性不再局限于室内仪器精度，而能够反映水位边界条件是否被有效锁定。

5 结语

本研究围绕水位周期性波动场地的参数代表性问题，形成了从机制识别到流程控制再到模型修正的闭环思路。地下水影响并非仅体现为含水率升高或强度降低的单向变化，而是通过孔压路径、渗流通道与取样扰动共同作用，放大室内测值与原位状态的偏离 [5]。以水位分期为核心的优化流程，将取样与原位测试锚定在平台段窗口，并以泥浆参数控制、缩短停孔时间、封样转运时效约束与反压饱和路径一致性为关键抓手，使水分状态漂移与孔压重分布得到同步压缩。工程对比结果显示，优化流程能够显著降低指标离散性与偏差风险，天然含水率与抗剪强度的调整方向与机理解释相一致，且相对误差与变异系数在多指标上实现收敛。进一步提出的平台段参考集与修正表达式，将孔压增量及含水率、孔隙比变化的联合项纳入统一框架，为不同水位阶段参数的可比性换算提供了可追溯依据。总体而言，将地下水作为控制边界条件纳入勘察链条，可提升动态地下水环境下参数取值的稳定性与工程适用性。

参考文献

[1] 丰莉,郭文建,杨树杰.浅层岩土体热物性参数测定的影响因素分析[J].化工矿产地质,2024,46(04):370-376.

[2] 钟威,何晨辉,臧海智,刘旭明.某地下水封洞库工程弥散系数的野外测定试验[A].中国石油学会石油工程专业委员会,石油天然气勘察技术中心站第三十一次技术交流研讨会论文集[C].中国石油天然气管道工程有限公司;河北省地下储能技术重点实验室;中国石油管道局工程有限公司储库分公司;:中国建筑学会工程勘察分会,2024:13-19

[3] 朱海涛,曹洋兵,谢浩,张遂,黄真萍.地下水封洞库洞室智能动态设计方法研究与实践[J].福州大学学报(自然科学版),2024,52(06):740-747.

[4] 李德周.国外某工程坝基岩体力学参数不同获取方法的差异分析[J].科技创新与应用,2024,14(36):102-105.

[5] 李伟,禹峰,汪志涛.某危废填埋场项目水文地质勘察及地下水流向异常分析[J].电力勘测设计,2024,(S2):72-77.